

ЛАЗЕРНАЯ АБЛЯЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ СТАЛИ

Хорохорин Д. М.^{1,2}, Еремеев Р. С.^{1,2}, Лукин А.В.²

Научный руководитель: Мышкин В.Ф.¹, д.ф.-м.н., профессор

¹ ФГУП «Горно-химический комбинат», 660049, г. Железногорск, ул. Ленина, 53

² Томский политехнический университет, 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30

E-mail: mitek2407@mail.ru

Перспективы развития ядерной энергетики связывают с использованием МОХ-топлива. Частицы МОХ-топлива, оказавшиеся на поверхности твэла, формируют трудно удаляемое радиоактивное загрязнение. Это связано с тем, что радионуклиды находятся в объеме сварного шва заглушки в виде включений микрочастиц МОХ-топлива.

Кажется очевидным, что при облучении металлической мишени лазерными импульсами длительностью 1-10 мс невозможно нагреть до температуры испарения более тугоплавкие, чем металлическая матрица частицы оксидов. При этом лазерное излучение прогревает металл на глубину $\lambda/3$ мкм. За счет теплопроводности металл прогревается до глубины $\sqrt{\alpha t_u}$, где α – температуропроводность, t_u – длительность импульса. Микрочастица прогревается равномерно по объему из-за малости её размера. Теплообмен между металлом и внедренной в него микрочастицей, ограничивает скорость нагрева частицы.

Эффективность поглощения лазерной энергии при малых интенсивностях излучения зависит от мнимой части комплексного показателя преломления. Известно, что оксиды UO_2 , PuO_2 и ThO_2 , CeO_2 являются полупроводниками, которые слабо поглощают излучение от видимой до средней ИК области спектра. При высокой интенсивности следует учитывать, что лазерное излучение вначале поглощается дефектами кристалла. По мере нагреве кристалла вокруг дефекта поглощение лучистой энергии в локальной области лавинообразно возрастает [1]. Поэтому возможен нагрев полупроводниковых микрочастиц с помощью излучения неодимового лазера.

Лазерная дезактивация объемных загрязнений связана с испарением материала, что приводит к изменению рельефа поверхности. Существующие ТУ на твэл ограничивают шероховатость поверхности. При лазерном воздействии формируются кратеры, глубина которых не должна превышать 40 мкм. Для проведения экспериментальных исследований использовали лазерные импульсы с длиной волны 1,06 мкм и длительностью 1,5 мс. При диаметре фокального пятна диаметром 0,2 мм интенсивность излучения изменяли в диапазоне 17,8-38,5 кВт/см². Изучали взаимодействие импульсного лазерного излучения с поверхностью стального сплава, являющейся аналогом сплава «316» зарубежного производства.

На рис. 1 приведены микроизображения кратера, формирующегося при облучении поверхности мишени лазерным излучением с интенсивностью 26,3 кВт/см². Микроизображения получены с помощью профилометра и сканирующего электронного микроскопа. Видна ступенчатая структура стенок кратера. Экспериментально установлено, что при интенсивности 27,8 кВт/см² излучения длиной волны 1,06 мкм формируются кратеры глубиной, не выходящей за пределы требований ТУ.

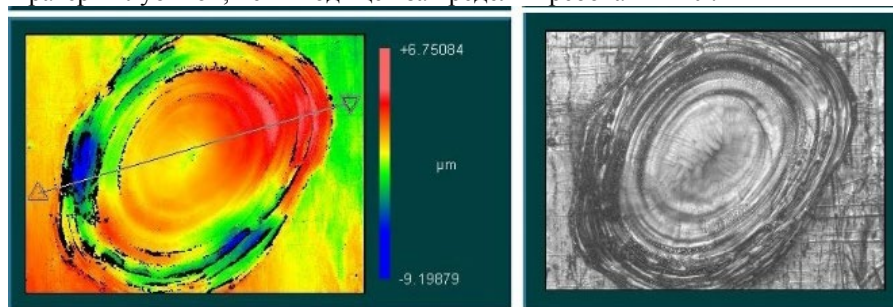


Рис. 1. Изображения кратера: слева - профилометр, справа - микроскоп

В докладе обсуждаются процессы, влияющие на форму и глубину кратеров, образующихся при импульсной лазерной абляции. Показано, что теплопроводность металлической матрицы в значительной мере ограничивает возможности лазерного нагрева импульсами длительностью 1,5 мс. Приводятся формулы и результаты моделирования процесса формирования кратера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Александров Е.И., Вознюк А.Г., Ципилев В.П. Влияние поглощающих примесей на зажигание ВВ лазерным излучением // Физика горения и взрыва. 25(1) 3-9 (1989).